

## 生活時間シフトの推奨による省エネ効果と睡眠への影響の検証

47-156798 渡辺剛志

指導教員：吉田好邦 教授

キーワード：省エネルギー，生活時間シフト，睡眠

### 1. 序論

世界的に地球温暖化問題への取り組みが進んでおり、日本も COP21 において大幅な削減目標を掲げた。この削減目標達成のため近年増加傾向にある家庭部門のエネルギー消費量削減は課題である。また、先行研究として Ozawa et al.<sup>1)</sup> は夏季において生活周期が 12 時間世帯の世帯は 24 時間周期の世帯より消費電力が低いことを示した。また本研究で取り組む生活時間シフトと類似した取り組みとしてサマータイムが挙げられる。このサマータイムについて Kotchen et al.<sup>2)</sup> は省エネ効果はなく、むしろ電力消費量が増加したと報告している。加えて Kentermann et al.<sup>3)</sup> はサマータイムによる生体リズムへの影響や睡眠の質・量へ悪影響があると報告している。

本研究では Ozawa et al.<sup>1)</sup> の結果を踏まえ、夏季において省エネになるよう生活時間シフトを推奨した際の省エネルギー効果とサマータイムで指摘されている睡眠への影響の 2 つについて検証する。生活時間シフトの推奨はサマータイムに比較して緩やかな生活時間シフトとなることから睡眠への影響が小さいことが期待される。

以上から本研究により生活時間シフト推奨を通じた日本の家庭部門の省エネルギー化推進に資する事を目的とした。

### 2. 実験手法

#### 2.1 実験スケジュールとデータ

本研究では 3 回の実験を行い、のべ 24 世帯 47 名の参加者に協力頂いた。第 1 回実験では 2015 年 10 月に足立区住民 6 人 6 世帯、第 2 回実験では 2016 年 7、8 月に足立区住民 21 人 9 世帯を被験者として 2 週間の実

験を実施した。1 週目は普段通りの生活を、2 週目は普段より 1 時間の早寝早起きを意識した生活をしてもらい 1 週目と 2 週目の睡眠への影響と電力消費量への影響を比較した。第 3 回実験は第 2 回までの結果を踏まえ、さらに生活時間のシフトをしてから 2 週目以降の影響を明らかにするため実験期間を 3 週間へと延長して実施した。本年度の第 3 回実験では 8、9 月に足立区住民 20 人 9 世帯を被験者として 3 週間の実験を実施した。1 週目は普段通りの生活を、2 週目以降に生活時間のシフトを行ってもらった。

#### 2.2 電力消費量への影響

電力消費量への影響を評価するため、ENEGATE 社の「スマートゲートウェイ」または中国計器工業社の「省エネナビ」を用いて電力消費量を計測した。

夏季に行った第 2、3 回実験では生活シフトによる消費電力の変化を明確にするため、気温の変動による電力消費量の変化分を次のように補正した。世帯毎に夏季(データの都合上第 2 回実験は実験期間の 2 週間、第 3 回実験は 7/10-9/10)における電力消費量を従属変数、最高気温が 27.5℃を超過した分を独立変数とした線形単回帰モデルを作成し、世帯毎に推計されたこの係数を用いて気温の影響を補正した。但し、最高気温が 27.5℃を超過にも関わらず平均電力消費量以下の日は終日外出等をしていた日として除外した。また補正 R2 値、P 値が低く気温の影響が有意でない世帯では補正を行わない。

さらに生活時間シフトの省エネ効果を詳細に図るために回帰分析を行った。省エネ効果は世帯全員が生活時間シフトした場合

に高くなると考えられる。また全員が早寝早起きした場合であっても個々の生活時間がバラバラになる、生活時間の類似度が低くなってしまふ場合は世帯全体での活動時間が長くなり電力消費量は増加してしまうと考えられる。ここで生活時間の類似度の指標として式1であらわされるコサイン類似度を用いて評価した。

$$s_{ij} = \frac{x_i \cdot x_j}{\sqrt{x_i^2} \sqrt{x_j^2}} \quad \dots (式 1)$$

全世帯を同時に比較することができるように従属変数は各世帯で標準化した電力消費量を被説明変数とした。説明変数は世帯全員が早寝を達成したときの効果、世帯全員が早起きを達成したときの効果を測定するためのダミー変数を夫々用意した。また生活時間の類似度の指標として就寝時刻のコサイン類似度と起床時刻のコサイン類似度の1週目に対する差分を用いた。但し、回帰分析の対象は、コサイン類似度の計算の都合上2人の生活リズムの一致度を評価するため世帯内の参加被験者数が2人の世帯を対象とした(表1)。

表1 電力消費への影響評価の変数

変数	
DV	標準化電力消費量
IV	世帯全員が早寝達成ダミー
	世帯全員が早起き達成ダミー
	就寝時刻のcos類似度の変化
	起床時刻のcos類似度の変化

### 2.3 睡眠への影響

睡眠への影響を評価するために山本ら<sup>4)</sup>が作成した起床時睡眠感調査票(MA版)<sup>5)</sup>を用いた。起床時睡眠感調査票では起床時に16問の質問に回答することで5つの因子(起床時眠気、入眠と睡眠維持、夢み、疲労回復、睡眠時間)の主観的な評価が数値化される。

次に生活時間のシフトによる睡眠への影

響を評価するため線形モデルで重回帰分析を行った。従属変数は起床時睡眠感調査票で数値化される4つの因子(起床時眠気、入眠と睡眠維持、夢み、疲労回復)とした。独立変数には入眠時刻、起床時刻の1週目平均値に対する差分と生活時間シフトの効果を測定するためのダミー変数及び元々早起きの人の影響、休日の影響を測定するためのダミー変数を用いた(表2)。

表2 睡眠への影響評価の変数

変数	
DV	主観的睡眠感の変化(因子I-IV)
IV	入眠時刻の変化
	起床時刻の変化
	睡眠時間の変化
	早起きダミー
	平休日ダミー
	2週目ダミー
3週目ダミー	

## 3. 結果及び考察

### 3.1 生活時間のシフトの結果

図1は全実験の生活時間のシフトの結果である。横軸は1週目平均就寝時刻に対する2週目平均就寝時刻の増減、縦軸は1週目平均起床時刻に対する2週目平均起床時刻の増減である。ここで以後の分析において2週目において就寝時刻と起床時刻の平均が早くなった参加者を生活時間シフト成功とし、それ以外の参加者を生活時間シフト失敗とした。

1時間程度の早寝早起きという生活時間シフトの依頼に対して、全実験では平均就寝時刻が平均18分、平均起床時刻が平均11分程度しか早くならなかった。特に生活時間シフト成功の参加者に絞ると、第1回実験は十分な生活時間シフトを達成していた。しかし第2回実験と第3回実験では平均20分から30分程度の生活時間シフトであり達成度は低かった。このことより実際に緩やかな生活時間シフトであったことがわかる。

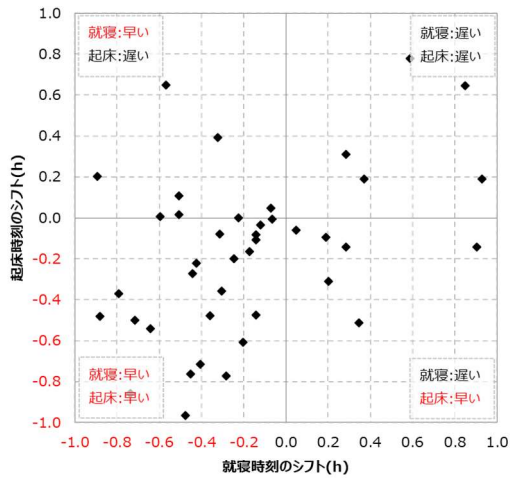


図1 生活時間シフトの結果

### 3.2 電力消費量への影響の結果

図2は電力データの欠損がなかった第3回実験の8世帯の気温の影響を補正した電力消費量の結果である。この他夏季に行った第2回実験の結果も合わせると15世帯中11世帯で減少した。全15世帯では電力消費量は平均0.13kWh減少、1週目比で見ると平均0.8%減少しており全体として生活時間シフト推奨の効果が確認できた。

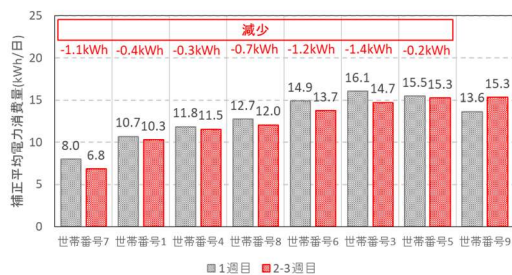


図2 補正後電力消費量 (第3回実験)

表8は回帰分析の結果である。説明変数を取捨した3つのモデルについての結果をまとめている。いずれのモデルでも世帯全員が早起達成ダミーは5%から10%水準で有意に省エネルギー効果があった。一方世帯全員が早寝達成ダミーの係数は有意でなかったが正、すなわち電力消費量増の傾向の値であった。次に生活時間類似度の影響

を表す説明変数を見ると、有意でないが就寝時刻のcos類似度の変化の係数は省エネルギー傾向の値を取った。一方起床時刻のcos類似度の変化の係数は有意ではなく、電力消費量増の傾向の値を取った。このことから生活時間シフトの取り組みにおいて省エネに特に影響があるのは世帯全員での早起達成であることが示された。

表3 電力消費量への影響の回帰分析結果

DV 標準化電力消費量			
切片	0.69 ***	0.74 ***	0.67 ***
早寝達成ダミー	0.23		
IV 早起達成ダミー	-0.60 **	-0.54 **	-0.47 *
就寝時刻のコサイン類似度	-0.33	-0.28	-0.40
起床時刻のコサイン類似度	3.98	3.98	
補正R2	0.02	0.02	0.02
F値	0.09	0.06	0.06

\*, \*\*, \*\*\*は夫々10%, 5%, 1%有意水準

### 3.3 睡眠への影響の結果

表4, 5は夫々第2回実験の早寝早起成功した被験者11名と第3回実験の早寝早起成功した被験者12名に対する生活時間のシフトによる睡眠への影響を評価する回帰分析の結果である。生活時間シフト推奨においてサマータイムでの先行研究で挙げられた睡眠への悪影響は確認できなかった、また生活時間シフト運動が2週目か3週目へと経過すると因子II入眠睡眠維持から因子IV疲労回復では改善傾向にあることが示された。これは生活時間シフトを意識したことによる副産物として生活習慣改善した可能性があり、この点についてはサンプル数を増やして検証の余地がある。

また主観的睡眠感の因子により差はあるものの特に因子I起床時眠気と因子IV疲労回復については入眠時刻が早くなると改善し起床時刻が遅くなると改善することがわかった。また元々早起であった人が更なる早起に取り組んだ場合主観的睡眠感に対して逆効果であることも分かった。

生活時間シフト推奨に関しては全体とし

でサマータイムでの先行研究にあるように切り替え初週が悪くなり徐々に適応していくことで改善していくと考えられる。

**表 4 睡眠への影響 (第 2 回 成功 11 人)**

生活時間シフト成功11名

DV 主観的睡眠感の変化	因子 I 起床時眠気	因子 II 入眠睡眠維持	因子 III 夢見	因子 IV 疲労回復
切片	1.16	-0.56	0.05	1.28
入眠時刻の変化	-1.75 **	0.39	1.37 **	-1.65 **
起床時刻の変化	1.41	4.02 ***	1.69 **	0.98
IV 早起きダミー	-3.29 **	0.20	0.40	-3.27 ***
休日ダミー	0.14	1.69	-0.67	-0.33
2週目ダミー	2.35	2.09	1.56	0.66
補正R2	0.06	0.09	0.04	0.05
F値	0.01	0.00	0.05	0.03

**表 5 睡眠への影響 (第 3 回 成功 12 人)**

生活時間シフト成功12名

DV 睡眠快適性	因子 I 起床時眠気	因子 II 入眠睡眠維持	因子 III 夢見	因子 IV 疲労回復
切片	-2.38	-2.35	0.74	-3.73
入眠時刻	-1.58 ***	0.75 **	0.96 ***	-0.74 **
起床時刻	0.57 *	0.34	-0.20	0.79 **
IV 早起きダミー	-3.89 ***	1.18	0.63	-3.27 ***
休日ダミー	0.13	0.19	1.72	0.27
2週目ダミー	1.04	0.24	-0.10	0.48
3週目ダミー	-0.14	0.60	0.37	2.50 **
補正R2	0.08	0.00	0.02	0.08
F値	0.00	0.42	0.12	0.00

#### 4. 結論

生活時間シフト推奨による実際の生活時間シフトの達成率は半数の参加者が生活時間シフトを達成し 1 時間の早寝早起きに対して 20~30 分と半分程度でしかなかった。生活時間シフトの実行率 100%となるサマータイムと比較して、実行した参加者の割合も実行した生活時間シフトの時間も緩やかなものであったといえる。

生活時間シフト推奨による省エネ効果は第 2 回実験・第 3 回実験では気温影響補正した電力消費量について 15 世帯中 11 世帯で減少した。全 15 世帯では電力消費量は平均 0.13kWh 減少, 1 週目比で見ると平均 0.8% 減少しており全体として生活時間シフトの効果が確認できた。また回帰分析の結果より世帯の構成員全員が生活時間シフトを意

識した生活を取ることは省エネ効果があるといえた。

また生活時間シフト推奨による睡眠への影響は主観的睡眠感・睡眠効率に対してないことが示唆された。また生活時間シフト推奨が 2 週目か 3 週目へと経過すると因子 II 入眠睡眠維持から因子 IV 疲労回復では改善傾向にあることが示され、これは生活時間シフトを意識したことによる副産物として生活習慣改善した可能性がある。

本実験ではサンプル数についてまだ課題があり今後サンプルを増やしていく必要がある。また実験期間の長さについてより期間を延ばした検証も必要であるといえ今後の課題である。

#### 参考文献

- 1) Akito Ozawa, Ryota Furusato, Yoshikuni Y oshida; Determining the relationship between a household' s lifestyle and its electricity consumption in Japan by analyzing measyred electlic load profiles, Energy and Buildings, Vol.119(2016), 200-210.
- 2) Matthew J. Kotchen and Laura E. Grant(2011), "Does Daylight Saving Time Save Energy? Evidence from a Natural Experiment in Indiana", The Review of Economics and Statistics, Vol.93(4)
- 3) Kantermann T, Juda M, Merrow M, Roenneberg T(2007), "The human circadian clock's seasonal adjustment is disrupted by daylight saving time", 17(20)
- 4) 山本由華吏, 田中秀樹, 高瀬美紀, 山崎勝男, 阿住一雄, 白川修一郎(1999)「中高年・高齢者を対象とした OSA 睡眠感調査票 (MA 版) の開発と標準化」, 脳と精神の医学, 10, pp401-409.
- 5) OSA 睡眠調査 MA 版 <[http://www.jobs.gr.jp/osa\\_ma.html](http://www.jobs.gr.jp/osa_ma.html)>